

ферромагнетик–антиферромагнетик сопровождается изменением симметрии кристаллической решетки с кубической на ромбоэдрическую  $R\bar{3}m$  [1, 2]. В настоящее время не известно, что является движущей силой этого фазового перехода: структурные факторы влекут за собой изменение магнитного порядка или же наоборот. Для решения данной проблемы целесообразно использовать наиболее локальные методы исследования вещества, например, мёссбауэровскую спектроскопию.

В кубической решетке со структурой  $Fd\bar{3}m$  все позиции атомов Fe эквивалентны. Исходя из этого, мёссбауэровский спектр  $CeFe_2$  при комнатной температуре (выше температуры Кюри) должен представлять собой простой симметричный дублет. Проведенные ранее эксперименты [3] с использованием спектрометра с обычным разрешением по скорости (512 каналов) не выявили сложной структуры спектра  $CeFe_2$ , а описание спектров тройных соединений  $Ce(Fe_{1-x}Si_x)_2$  проводилось в предположении эквивалентности всех позиций атомов Fe.

Недавно с помощью спектрометра с высоким скоростным разрешением (4096 каналов) нами были получены мёссбауэровские спектры  $Ce(Fe_{1-x}Si_x)_2$  с  $x = 0, 2$  и  $5\%$ . Данные для  $CeFe_2$  приведены на рис. 1. Видно, что данный спектр не может быть удовлетворительно описан одним симметричным дублетом. Более сложная структура спектров (по сравнению со спектрами, полученными на спектрометре с обычным разрешением) обнаружена и для тройных соединений  $Ce(Fe_{0.98}Si_{0.02})_2$  и  $Ce(Fe_{0.95}Si_{0.05})_2$ .

Полученные результаты дают основание предполагать наличие неэквивалентных (с точки зрения сверхтонких взаимодействий) позиций атомов железа в соединении  $CeFe_2$  при комнатной температуре. Данная неэквивалентность должна быть принята во внимание при обсуждении природы магнитоструктурного фазового перехода ферромагнетик–антиферромагнетик в тройных соединениях  $Ce(Fe_{1-x}Si_x)_2$ .

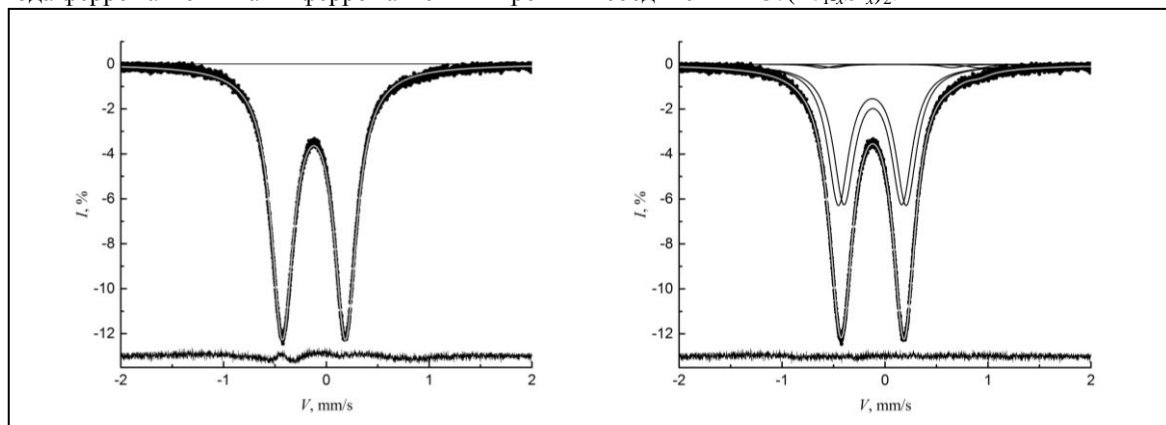


рис.1. Описание мёссбауэровского спектра  $CeFe_2$  одним (слева) и несколькими дублетами (справа). Под каждым спектром показана разность между экспериментальными данными и описанием.

Список публикаций:

- [1] Paolasini L., Ouladdiaf B., Bernhoeft N., et al. // *Phys. Rev. Lett.* 2003. V. 90. P. 057201-1-4.
- [2] Halder A., Suresh K.G., Nigam A.K. // *Phys. Rev. B.* 2008. V. 78. P. 144429-1-8.
- [3] Вершинин А.В., Сериков В.В., Клейнерман Н.М. и др. // *Физика металлов и металловедение.* 2014. Т. 115. Вып. 12. С. 1276–1283.

## Исследование тонких пленок сплава $FeSiBWCu$ в состоянии после напыления методом Керр-микроскопии

**Путинцев Александр Данилович**

Катаев Василий Анатольевич, Михалицына Евгения Александровна

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Катаев Василий Анатольевич

[alexander.putinsev@gmail.com](mailto:alexander.putinsev@gmail.com)

В данной работе исследованы тонкие пленки сплава  $Fe_{72.5}Si_{14.2}B_{8.7}W_{3.5}Cu_{1.1}$ , относящийся к сплаву Finemet. Сплав Finemet был впервые получен в 1988 г. Yoshizawa и его коллегами. В нанокристаллическом состоянии эти сплавы имели уникальные магнитомягкие свойства, что вызвало большой интерес к ним. Сейчас сплавы типа Finemet являются предметом огромной научно-исследовательской работы и широко используются в области магнитных датчиков на основе гигантского магнитного импеданса [1].

Исследуемые образцы были получены методом высокочастотного ионно-плазменного распыления мишени сплава и имеют различную толщину, определяемую по скорости напыления – 10, 20, 100 и 200 нм. В процессе напыления к образцам прикладывалось технологическое поле напряженностью 100 Э. Более точное значение толщин было получено с помощью стилусного профилометра Dektak 150.

Исследование проводилось на магнитооптическом микроскопе на основе эффекта Керра, магнитные свойства аморфных пленок исследовались в плоскости пленки в постоянном магнитном поле напряженностью  $\pm 100$  Э.

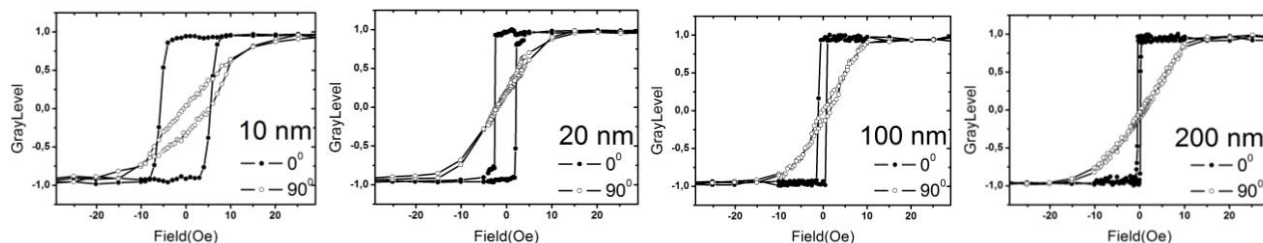


рис.1. Магнитооптические петли гистерезиса пленок толщиной 10, 20, 100 и 200 нм вдоль ОЛН ( $0^\circ$ ) и перпендикулярно ОЛН ( $90^\circ$ ).

На рис.1 представлены магнитооптические петли гистерезиса, измеренные вдоль и перпендикулярно направлению технологического поля для пленок 10, 20, 100 и 200 нм. Из формы петель можно сделать вывод о наличии у образцов одноосной магнитной анизотропии, величина которой, в зависимости от толщины, имеет различные значения, для тонкой пленки толщиной 10 нм поле анизотропии составляет 25 Э, а для более толстых – 20, 100 и 200 нм, значение составило около 12 Э. Ось легкого совпадает направлением вектора технологического поля. Из наблюдения доменной структуры и анализа формы магнитооптических петель гистерезиса можно сделать вывод, что вдоль ОЛН процесс перемагничивания для всех образцов происходит путем смещения доменных стенок. При перемагничивании перпендикулярно ОЛН для пленок 100 и 200 нм ведущую роль играет процесс вращения вектора намагниченности, в то время как для пленки 10 нм, наряду с вращением, происходит также смещение доменных стенок. Для пленок заданного сплава было показано, что коэрцитивная сила, с увеличением толщины пленок падает, что возможно связано с ролью поверхности.

Список публикаций:

- [1] Hernando B. et al // ENN. 2004. № 4. С. 949-966.
- [2] Modak S. S. et al // Thin Solid Films. 2012. Т. 520 № 9. С. 3499-3504.
- [3] Kumar D. et al // Mat. Res. Express. 2014. Т. 1

## Магнитный резонанс в слоистой структуре феррита и градиентного пьезоэлектрика

### Саплев Алексей Фёдорович

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Петров Владимир Михайлович, д.т.н.

[Nightroud1991@yandex.ru](mailto:Nightroud1991@yandex.ru)

Магнитоэлектрическое (МЭ) взаимодействие в феррит-пьезоэлектрических слоистых структурах способствует разработке нового класса СВЧ устройств [1]. Постоянное электрическое поле, приложенное к пьезоэлектрической компоненте, приводит к сдвигу линий ферромагнитного резонанса (ФМР). Таким образом, перестройка устройств, основанных на использовании ФМР, может осуществляться как с помощью электрического, так и магнитного полей. К настоящему времени известен ряд устройств с электрическим и магнитным управлением, в том числе резонаторы, фильтры и фазовращатели [1]. Наряду со сдвигами линий ФМР внешнее электрическое поле при определенных условиях может приводить к изменению формы линий. Целью данной работы является теоретическое моделирование МЭ эффекта в области ФМР в слоистой структуре, состоящей из ферритовой компоненты и пьезоэлектрического слоя с градиентом пьезоэлектрических свойств.

МЭ эффект, как известно, состоит в индуцировании поляризации во внешнем магнитном поле и, наоборот, в индуцировании намагниченности во внешнем электрическом поле. В слоистых магнитоэлектрических структурах этот эффект обусловлен механическими деформациями. Приложение постоянного электрического поля перпендикулярно плоскости пьезоэлектрического слоя, приводит к появлению механических напряжений, которые в свою очередь приводят к появлению наведенной